

平均フィードバック法が タイミング学習に及ぼす影響

石 倉 忠 夫

《ABSTRACT》

The Effects of average feedback method on learning of timing skill

The aim of this study was to examine the effects of presentation of average feedback method and the number of physical practice trials on learning of timing skill. Participants were divided into one of 6 groups (2 x 3): physical practice condition (30 trials / 60 trials) x feedback condition (showed feedback information after every trial / average feedback information after every 3rd trial / average feedback information after every 5th trial). The desired task was to press a goal button in 1200 msec. after knocking down three barriers at a 300 msec. interval. Results showed the following: 1) Although the absolute constant error (|CE|) and the variable error (VE) of each group were decreased through physical practice phase, |CE| of the average KR after every 5th trial condition were worst in the feedback condition. 2) The |CE| of each group at 2nd retention test that taken 24 hours after post-test without KR information was significantly higher than the results of post-test that was taken immediately after the end of physical practice trial without KR information. 3) The cor

relation of the actual movement time and the estimated time on post-test was lower than that on pre-test. And, the correlation of 30 trials of physical practice condition was higher than that of 60 trials. 4) Relevant timing acquisition of KR after every trial condition was progressed more than that of average KR after every 5th trial condition. These results suggest two conclusions. One is that the difference of acquisition effects of the number of physical practice trials (30 trials / 60 trials) was not statistically significant. The other is that the showing feedback information after every trial lead to more effective acquisition of the learning of relative-timing than the showing average feedback information after every 5th trial.

Keywords: Average feedback method, timing skill learning

- I. 目 的
- II. 方 法
- III. 結 果
- IV. 考 察
- V. 引用参考文献

I. 目 的

運動遂行の結果を学習者が確認する外在的フィードバックは、運動技能を習得する上で重要な情報である。学習者はこの情報から誤差を検出し、次の運動遂行に向けて誤差を修正していく。つまり、ゴルフのパッティング練習において、ゴルファーはカップよりも30cm遠くにボールを打ってしまうと、次のパットではオーバーした距離だけ手前にボールが止まるように調整するということである。このとき、結果の知識（KR：Knowledge of Results）は誤差の検出と修正を行う上で重要な外的情報であり、通常は環境目標に対する行為の成功についての言語あるいは言語化された情報として学習者に与えられる¹⁾。ゴル

フのパッティング練習の例で言えば、「カップ手前20cm」といった情報をコーチから与えられる、または実際に練習者がボールの止まった位置を確認することによって得られる情報である。

KRは運動遂行後に学習者へ頻繁に与えられることが技能習得を促進すると考えられるが、KRの提示頻度が高くなると学習者はこの情報に依存し、かえって学習効果が見られなくなるという特徴が見られる。これを依存性産出特性という²⁾。つまり学習者は、FB情報が頻繁に与えられると技能習得で重要な筋感覚などの内的情報に注意を向けなくなるため、学習効果が得られなくなると考えられている。

平均フィードバック(FB)法は依存性産出特性を避ける一つの方法として考案された要約FB法を変形した方法であり、いくつかの試行分の平均値をまとめて学習者にFB情報として与える方法である。平均FB法は要約FB法と同程度の学習効果が得られていることが報告されている³⁾。また、その他にも要約FB法や平均FB法の有効性について報告されているが、そのほとんどが時間的制約を持つ位置決め課題を用いた結果である^{3), 4)}。そこで石倉⁵⁾は運動技能を構成する要素の一つであるタイミングに着目し、タイミング学習における平均FB法の有効性について検討した。その結果、平均FBの有効性は認められなかった。タイミングの学習では平均FB法は有効な方法ではないと考えられるが、その他の原因として身体練習の試行数が60試行と多く、よって学習者は過剰に学習していた可能性が指摘される。

そこで本研究は、タイミング学習における平均FB法の有効性を明らかにするため、身体練習の試行数の影響を検討した。また、技能習得では学習者自身の自己誤差検出-修正プロセスが活性化されているものと考えられる^{6), 7), 8), 9)}。ため、自己パフォーマンスの評価、そして評価と次試行のパフォーマンス時間との関連性について加えて検討した。実験を行うにあたり、次にあげる3つの仮説が設定された。①タイミングを中心とした課題特性でも平均FB法の学習への有効性が認められる。②学習効果が認められれば、誤差検出と誤差修正もより確かなものになる。③相対的なタイミング習得にも有効である。

II. 方 法

被験者：本課題に対して経験のない大学生72名（男子36名，女子36名）であり，いずれも右手利きであった。平均年齢は 20.0 ± 1.6 歳であった。

課題：石倉⁵⁾が使用した実験器具を用いた（図1）。被験者にはスタートボタンを押した後に300msec 毎に板を3枚倒してゆき，ちょうど1200msec でゴールボタンを押すことが課題として求められた。スタートボタンからゴールボタンまでの距離は46cmであり，この線を中心に左右各3枚ずつ木製の板を配置した。板の大きさは 10×8 cmであった。

実験条件および手順：被験者は3つのフィードバック条件 \times 2つの身体練習条件のうちいずれかに男女比が同じになるようランダムに振り分けられた。よって，一つの条件は12名となる。フィードバック条件は①練習試行で試行毎に動作時間の結果を与える条件（以下K R E），②練習試行で3試行分の平均値をK Rとして与える条件（以下Avg3），③練習試行で5試行分の平均値をK Rと

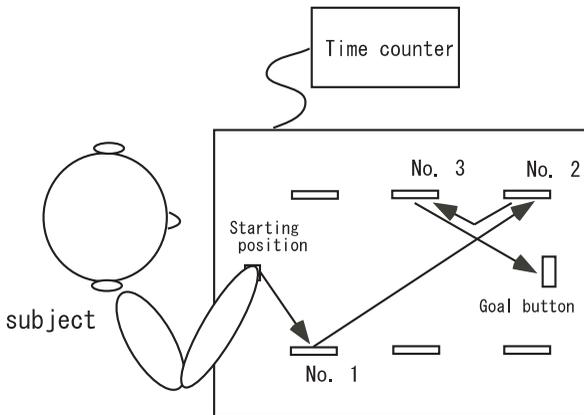


図1 バリア・ノックダウン課題

本実験では，スタートボタンを押してからNo.1 からNo.3 の板を300msec 間隔で倒してゆき，最終的に1200msec 後にゴールボタンを押すという動作パターンの習得を課題とした。

して与える条件（以下 Avg5）の 3 条件であった。また、身体練習条件は 30 試行と 60 試行の 2 条件であった。

実験は被験者一人ずつ実施された。始めにプレテストを 10 試行行い、各条件に従った練習を 30 または 60 試行行った。練習試行終了直後に 10 試行のポストテストを行い、ポストテストが終了してから 10 分後と 24 時間後に保持テストを実施した。なお、被験者にはプレテスト、ポストテスト、2 つの保持テストにおける動作時間の結果情報は与えられなかったが、動作時間の自己評価が求められた。

依存変数：プレテスト及びポストテスト、練習試行、そして保持テストの絶対恒常誤差（以下 $|CE|$ ）と変動誤差（以下 VE ）を算出し、これを依存変数とした。 $|CE|$ はパフォーマンスの正確性を、 VE はパフォーマンスの変動性を示す。なお、練習試行は 10 試行を 1 ブロックとした。

誤差検出のメカニズムを検討するために、第 n 試行における動作時間と時間推定との間の相関係数が計算された。正の高い相関係数は、被験者の動作時間の評価が正しいことを示す。また、誤差修正のメカニズムを検討するために、第 n 試行における時間推定と目標時間（1200msec）の差と、第 $n + 1$ 試行と第 n 試行の動作時間の差との相関係数を求めた。負の高い相関係数は、被験者が誤差修正を行っていることを示す¹⁰⁾。相関係数は Fisher's r to Z transformation で変換され、誤差検出と修正のメカニズムを検討するために取り上げられた。

また、相対的タイミングの学習効果を検討するために、Root-mean-squared-error (RMSE) が取り上げられた。被験者には 300msec 毎に 3 枚の板とゴールボタンを押す課題が課せられたため、それぞれの操作が目標時間（1200 msec）の中で 25% 間隔のタイミングで実施されねばならない。RMSE は相対的なタイミング操作を評価するための計算法である。まず、スタートボタンから一枚目、一枚目から二枚目、二枚目から三枚目、三枚目からゴールボタンのそれぞれに要した時間を分子とし、目標時間（1200msec）を分母とした割合を求め（それぞれ $x_1 \sim x_4$ とする）、相対的タイミングの目標である 25% との差

を求めて2乗する。それぞれの値を合計して平方根を求めた値がRMSEとなる。よって $RMSE^2 = (x_1 - 25)^2 + (x_2 - 25)^2 + (x_3 - 25)^2 + (x_4 - 25)^2$ となる。

Ⅲ. 結 果

実験前の各グループの等質性を検討するにあたり、プレテストの10試行を1ブロックとしたICEIとVEを取り上げ、フィードバック条件(3)×身体練習条件(2)の一要因繰り返しなしの分散分析を行った。その結果、いずれの依変数において、主効果と交互作用に5%水準で有意な差が認められなかった。よって6つのグループは等質であると判断され、分析が進められた。

(1) 学習効果について

各条件の身体練習の効果を検討するために、フィードバック条件(3)×身体練習条件(2)×テスト(プレテスト, ポストテスト)の3要因一繰り返しによる分散分析を行った。

ICEIにおいて、繰り返し要因による主効果が有意であり($df = 1/66$, $F = 95.96$, $p < .001$), ポストテストはプレテストに比べて低かった。その他の主効果および交互作用は有意ではなかった(図2)。

VEにおいて検討したところ、繰り返し要因における主効果が有意であり($df = 1/66$, $F = 69.38$, $p < .001$), ポストテストはプレテストに比べて低かった。また、その他の主効果と交互作用は有意ではなかった(図3)。

(2) 保持効果について

各条件の学習効果を検討するために、フィードバック条件(3)×身体練習条件(2)×テスト(ポストテスト, 10分後と24時間後の保持テスト)の3要因一繰り返しによる分散分析を行った。

ICEIでは、繰り返し要因による主効果が有意であった($df = 2/132$, $F = 15.03$, $p < .001$)。Bonferroniによる多重比較の結果、ポストテストが最も低く、

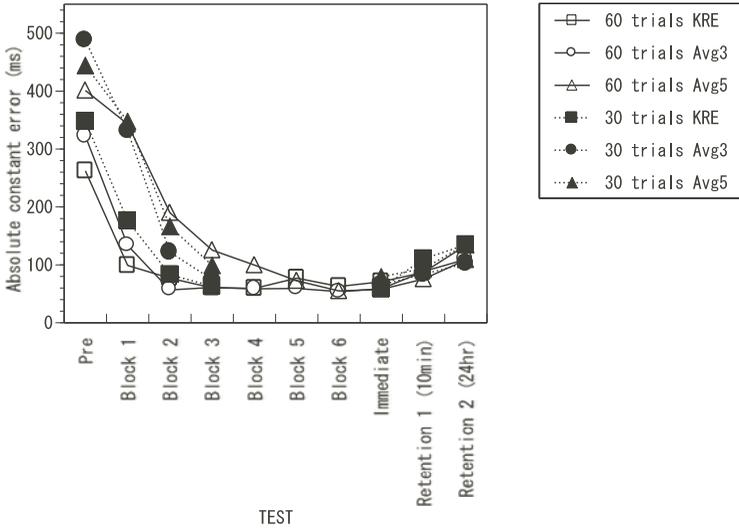


図2 各条件におけるICEI

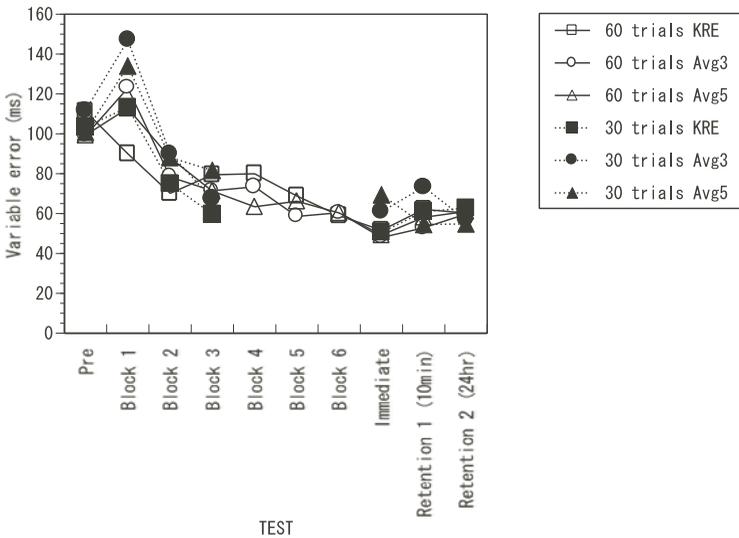


図3 各条件におけるVE

24時間後の保持テストが最も高かった。その他の主効果および交互作用は有意ではなかった（図2）。

VEにおいては主効果と交互作用に有意差は認められなかった（図3）。

(3) 誤差検出と修正について

誤差検出と修正の身体練習の効果について検討するために、フィードバック条件（3）×身体練習条件（2）×テスト（プレテスト, ポストテスト）の3要因一繰り返しによる分散分析を行った。その結果, 誤差検出において, 身体練習条件による主効果 (df = 1/66, F = 4.92, p < .001) と繰り返し要因による主効果 (df = 1/66, F = 6.20, p < .05) が有意であった。多重比較の結果, 身体練習条件では60試行の条件が30試行の条件よりも低かった。また, プレテストよりもポストテストの方が低かった（図4）。誤差修正ではすべての主効果および交互作用に有意差は認められなかった（図5）。

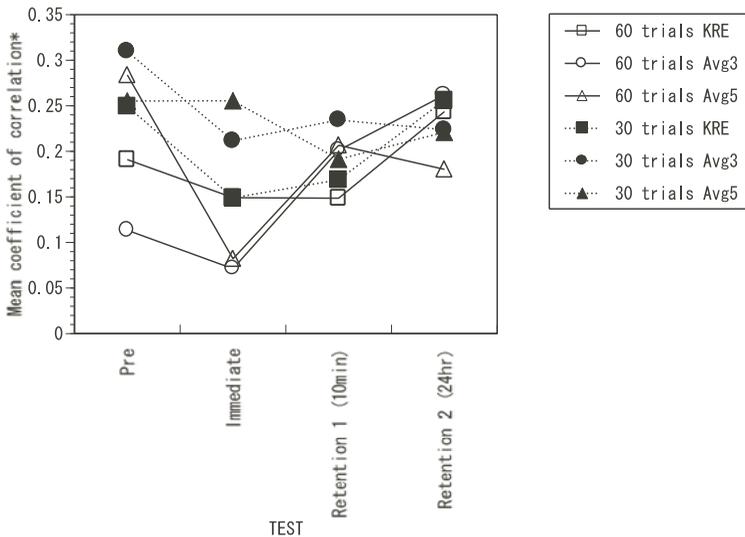


図4 各条件における動作評価時間と動作時間との相関係数

* After r to Z transformation

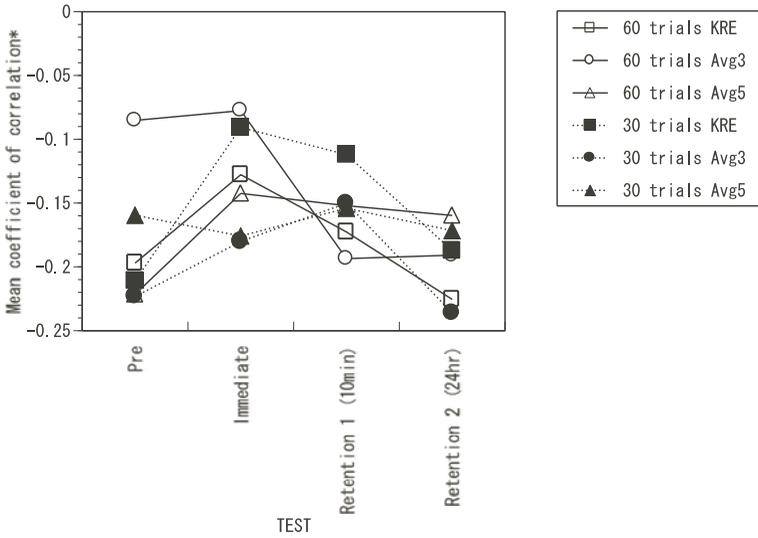


図5 各条件における動作評価時間と次試行の動作時間との相関係数

* After r to Z transformation

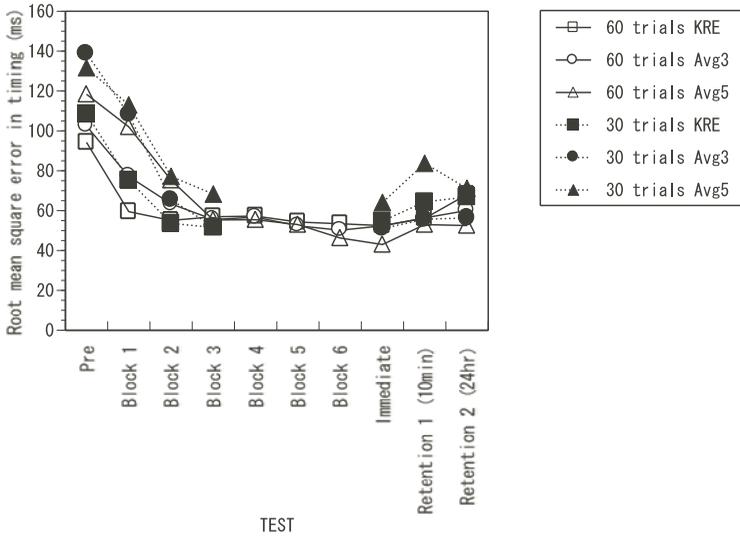


図6 各条件におけるRMSE

誤差検出と修正の学習効果を検討するために、フィードバック条件（3）×身体練習条件（2）×テスト（ポストテスト、10分後と24時間後の保持テスト）の3要因一繰り返しによる分散分析を行った。その結果、誤差検出において繰り返し要因による主効果が有意であり（ $df = 2/132$, $F = 3.85$, $p < .05$ ）、ポストテストは24時間後の保持テストに比べて有意に低かった（図4）。一方、誤差修正においてすべての主効果および交互作用に有意差は認められなかった（図5）。

(4) 相対的タイミングの学習について

相対的タイミングの身体練習による習得状況を検討するために、フィードバック条件（3）×身体練習条件（2）×テスト（プレテスト、ポストテスト）の3要因一繰り返しによる分散分析を行った。その結果、繰り返し要因による主効果（ $df = 1/66$, $F = 89.27$, $p < .001$ ）が有意であった。多重比較の結果、ポストテストはプレテストに比べて低かった（図6）。

また、相対的タイミングの学習効果を検討するために、フィードバック条件（3）×身体練習条件（2）×テスト（ポストテスト、10分後と24時間後の保持テスト）の3要因一繰り返しによる分散分析を行った。その結果、繰り返し要因による主効果が有意であり（ $df = 2/132$, $F = 4.14$, $p < .05$ ）、ポストテストは24時間後の保持テストに比べて有意に低かった（図6）。

IV. 考 察

本研究はタイミング学習における平均FB法の有効性を明らかにするため、身体練習の試行数の影響を検討した。また、技能習得過程における学習者自身の自己誤差検出-修正プロセスを明らかにするため、自己パフォーマンスの評価、そして評価と次試行のパフォーマンス時間との関連性について検討した。

分析の結果、30試行と60試行の身体練習試行数の違いによる学習効果には差異が認められず、タイミング操作の学習を中心とした課題特性で平均FB法による学習への有効性は認められなかった。また、誤差検出と誤差修正に関する

分析においても身体練習の試行数およびF B条件による際立った差異が認められず、よって技能習得における内的プロセスにおいても条件間の差異は認められなかったと解釈できる。RMSEを依存変数とした相対的なタイミング習得の分析においても条件間の差異は認められなかった。これらの結果から、本研究では、バリア・ノックダウン課題を用いたタイミング学習において、身体練習の試行数（30試行と60試行）による条件差とフィードバック条件（毎試行後に与える、3または5試行毎にその分の平均を与える）による条件差は、学習者の誤差検出-修正プロセス、そしてパフォーマンスの差異となって現れなかったといえる。また、別の観点より解釈するならば、本研究で取り上げられた平均F B法は毎試行後にF Bを与える条件と同程度の学習効果が得られ、平均F B法は毎試行後に与える条件に比べて技能習得に要する時間的コストを削減できるという利点があると言えよう。

本研究は石倉⁵⁾の報告と同様に、平均F B法の有効性に関する先行研究の結果を支持する結果が得られなかった。身体練習の試行数の影響が本研究の結果で示されなかったため、課題特性がこの結果を導いたものと考えられる。つまり、平均F B法の有効性を報告している先行研究はスタイラスを決められた距離と時間で移動させるという位置決め課題を取り上げており、学習者には空間的位置決めとタイミング操作の二重課題を要求する特性を持つ。本研究の課題は先行研究の持つ課題特性とは異なり、タイミング操作の学習のみが要求される課題と解釈できるため、先行研究で報告されている結果を支持できなかったと考えられる。この観点から、平均F B法は同時に複数の運動技能の構成要素を学習する場合に有効であると仮定できる。この点を検討するにあたって、目標時間は同じであるが動作パターンを複数設定し、同時にそれらの動作パターンを習得するという課題条件で検討する必要があるものとする。

V. 引用参考文献

- 1) 調枝孝治監訳, リチャード・A・シュミット著, “運動学習とパフォーマンス”. pp 231-265, 大修館書店, 1994.
- 2) Schmidt, R. A. “Motor learning and performance: from principles to practice”. Champaign, IL: Human Kinetics, 1991.
- 3) Yao, W., Fischman, M. G., & Wang, Y. T. “Motor skill acquisition and retention as a function of average feedback, summary feedback, and performance variability”. *Journal of Motor Behavior*, 26, 273-282, 1994.
- 4) Schmidt, R. A., Young, D. E., Swinnen, S., & Shapiro, D. C. “Summary knowledge of results for acquisition: support for the guidance hypothesis”. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 352-359, 1989.
- 5) 石倉忠夫, “Average Feedback Length がタイミング動作の習得と保持に及ぼす影響”. *同志社保健体育*, 42, 9-20, 2003.
- 6) Schmidt, R. A., & White, J. L. “Evidence for an error detection mechanism in motor skills: a test of Adams’ closed-loop theory”. *Journal of Motor Behavior*, 4, 143-153, 1972.
- 7) Newell, K. M. “Motor learning without knowledge of results through the development of a response recognition mechanism”. *Journal of Motor Behavior*, 8, 209-217, 1976.
- 8) Newell, K. M., & Shapiro, D. C. “Variability of practice and transfer of training: some evidence toward a schema view of motor learning”. *Journal of Motor Behavior*, 8, 233-243, 1976.
- 9) McCracken, H. D., & Stelmach, G. E. “A test of the schema theory of discrete motor skill learning”. *Journal of Motor Behavior*, 9, 193-201, 1977.
- 10) Blandin, Y., & Proteau, L. “On the cognitive basis of observational learning: development of mechanisms for the detection and correction of errors”. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53, 846-867, 2000.